

# **BARRAGEM JATOBÁ**

**MÓDULO II – ESTUDOS BÁSICOS, ANTEPROJETOS E AVALIAÇÕES**

**VOLUME I – ESTUDOS BÁSICOS**

**TOMO 1 – RELATÓRIO GERAL – TEXTOS**

EDITADO EM MARÇO DE 2006

**ÍNDICE**

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3 – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS .....</b>	<b>16</b>
4.1 – LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E DO SANGRADOURO .....	16
<b>4.1.1 – Locação dos eixos e Implantação de Marcos .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.2 – Nivelamento .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.3 – Levantamento de Seções Transversais.....</b>	<b>16</b>
4.2 – LEVANTAMENTO DO CANAL DE RESTITUIÇÃO .....	17
4.3 – COORDENADAS E COTAS.....	17
<b>5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....</b>	<b>19</b>
5.1 – INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS .....	19
<b>5.1.1 – Geologia Regional .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.2 – Geologia Local.....</b>	<b>21</b>
5.2 – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS .....	23
<b>5.2.1 – Descrição das Sondagens Executadas .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2.2 – Sondagens a Pá e Picareta .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2.3 – Sondagens a Percussão .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2.4 – Sondagens Mistas .....</b>	<b>24</b>
5.3 – ENSAIOS IN SITU.....	25
<b>5.3.1 – Ensaios de Permeabilidade com Carga Constante .....</b>	<b>25</b>
<b>5.3.2 – Ensaios de Perda D'Água Específica.....</b>	<b>25</b>

5.4 – PESQUISA DE JAZIDAS.....	26
<b>5.4.1 – Jazidas de Solo (Empréstimos 1, 2, 3, 4 e 5).....</b>	<b>27</b>
<b>DADOS GERAIS DA JAZIDA J-1.....</b>	<b>28</b>
<b>5.4.2 – Jazidas de Areia (Areal 1) .....</b>	<b>30</b>
<b>5.4.3 – Pedreira .....</b>	<b>30</b>
5.5 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO .....	30
5.6 – ESTUDO COMPLEMENTAR .....	31
<b>6 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS .....</b>	<b>33</b>
6.1 – CARACTERÍSTICA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	33
6.2 – ESTUDO DE CHEIAS .....	33
<b>6.2.1 – Precipitação .....</b>	<b>34</b>
<b>6.2.2 – Precipitação Efetiva.....</b>	<b>34</b>
6.3 – CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO .....	34
6.4 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO .....	34
6.5 – SUMÁRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS .....	35

**APRESENTAÇÃO**

## **APRESENTAÇÃO**

O consórcio KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A, no âmbito do contrato Nº11/PROGERIRH/CE/SRH/2003 do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH tem por finalidade a Elaboração dos Estudos de Viabilidades Técnicas, Ambientais, Econômicas, Eias - Rimas, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais e Planos de Reassentamentos de Populações, Manuais de Operação e Manutenção e Avaliação Financeira e Econômica referentes às Barragens: Mamoeiro, Riacho do Meio, Melancia, Jucá e Jatobá e Adutoras de Antonina do Norte, Granjeiro, Croatá e Ipueiras.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Módulos, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são apresentados na seqüência:

Módulo I: Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Adutoras

VOLUME I: Estudo de Alternativas e Opções para a Localização dos Eixos Barráveis e Adutoras

**Módulo II: Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações**

**VOLUME I: Estudos Básicos**

**TOMO 1 – Relatório Geral - Textos**

TOMO 2 – Estudos Hidrológicos

TOMO 3 – Estudos Cartográficos

TOMO 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

TOMO 5 – Estudos Pedológicos

VOLUME II: Anteprojetos

TOMO 1 – Relatório de Concepção Geral

TOMO 1A – Desenhos e Plantas

TOMO 1B – Memória de Cálculo

VOLUME III: Avaliações Financeiras e Econômicas

TOMO 1 – Relatório de Avaliações Financeira e Econômica

Módulo III: Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA/RIMA)

VOLUME I: EIA

VOLUME II: RIMA

Módulo IV: Detalhamento do Projeto Executivo das Barragens

VOLUME I: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo do Projeto

TOMO 2 – Desenhos do Projeto

TOMO 3 – Memória de Cálculo

TOMO 4 – Especificações Técnicas

TOMO 5 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 6 – Síntese

Módulo V: Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

VOLUME I: Levantamento Cadastral

TOMO 1 – Relatório Geral

TOMO 2 – Laudos Individuais de Avaliação

TOMO 3 – Levantamentos Topográficos

VOLUME II: Plano de Reassentamento

TOMO 1 – Relatório Final de Reassentamento

Módulo VI: Projeto Executivo das Adutoras

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Levantamentos Topográficos

TOMO 2 – Investigações Geotécnicas

VOLUME II: Anteprojeto

VOLUME III: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo

TOMO 2 – Memória de Cálculo

TOMO 3 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

Módulo VII: Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

VOLUME I: Manuais de Operação e Manutenção

O presente relatório que trata da **Barragem Jatobá**, aqui nomeado como Volume I – Estudos Básicos, Tomo 1 – Relatório Geral - Textos, é parte integrante do Módulo II – Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações.





## **1 – INTRODUÇÃO**

O consórcio constituído pelas empresas KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A vem, através desta, apresentar, em atendimento ao Contrato N°11/PROGERIRH/SRH/2003, o Anteprojeto da Barragem Jatobá.

Neste volume que corresponde ao TOMO 1 do VOLUME I é apresentado o Relatório Geral dos Estudos Básicos.

Este relatório descreve sucintamente os estudos cartográficos, os levantamentos topográficos, os estudos hidrológicos, os estudos geológicos e geotécnicos.

## **2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS**

## **2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS**

O sítio do barramento localiza-se no Riacho Jatobá, no município de Ipueiras.

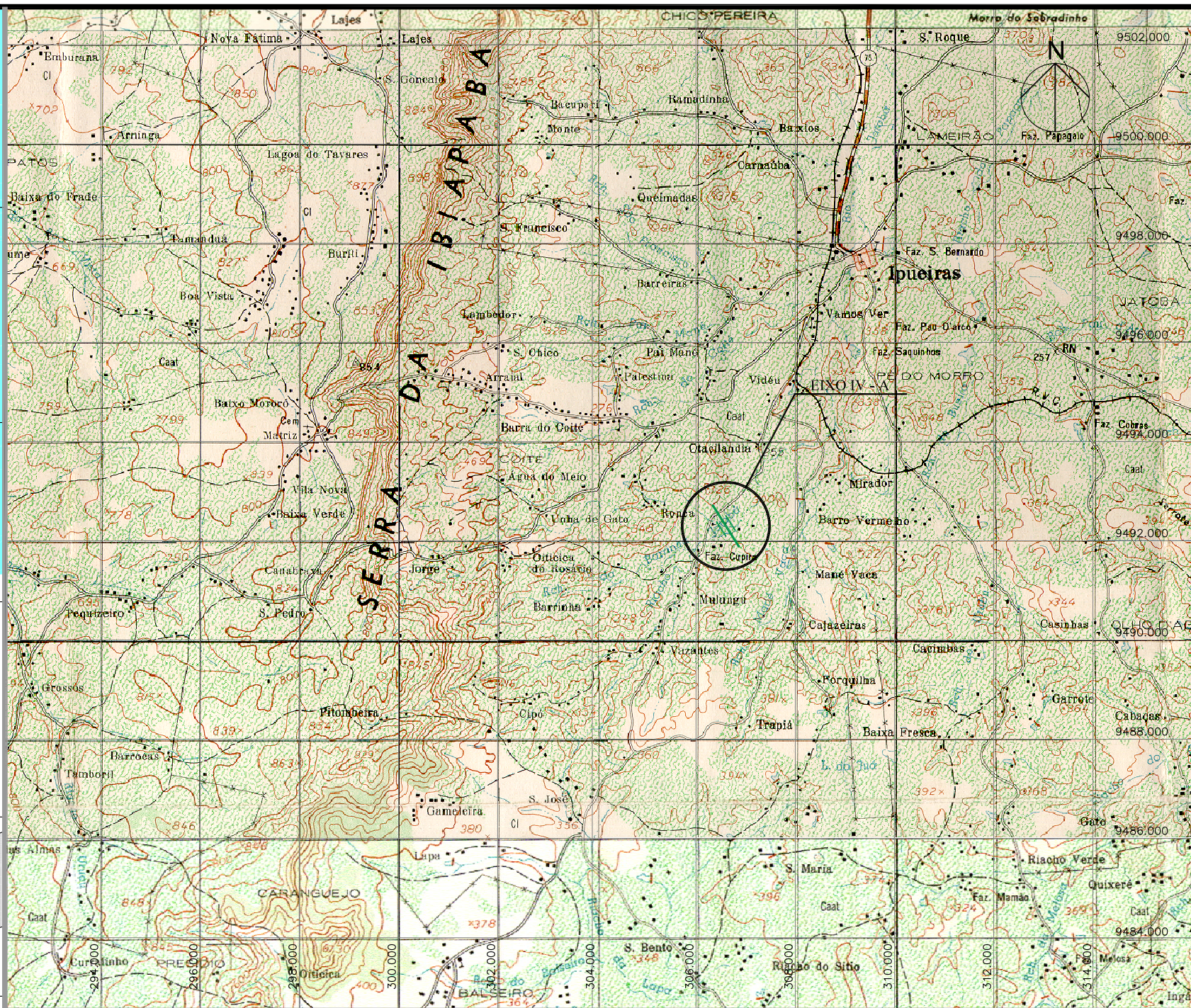
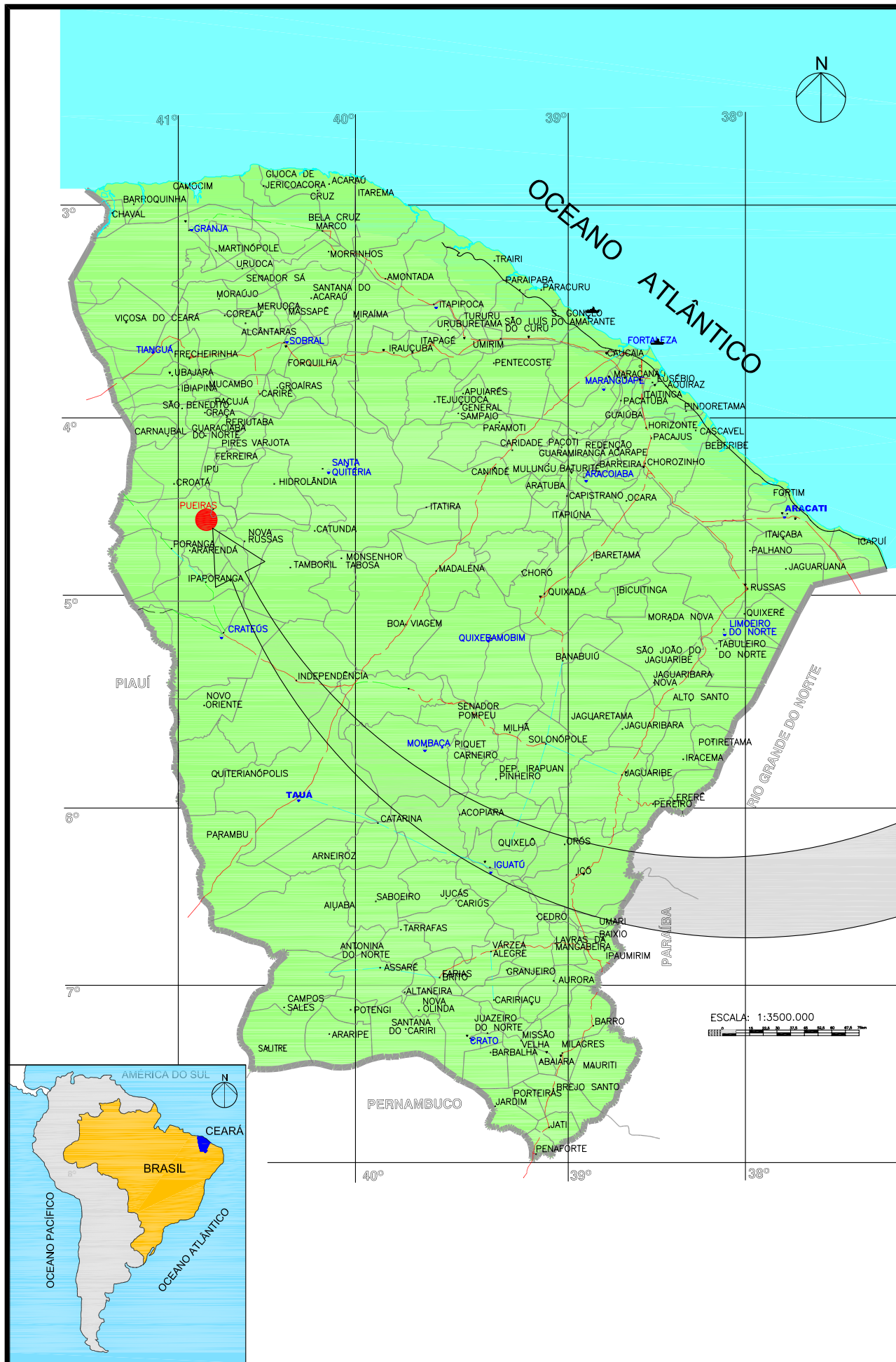
O acesso ao local da obra é feito a partir de Fortaleza pela BR-222 até chegar a cidade de Tianguá, percorrendo 318,8 km. Em Tianguá, pega-se a rodovia estadual CE-187 até a cidade de Ipu, passando pelas cidades de Ubajara, Ibiapina, São Benedito e Guaraciaba do Norte, percorrendo 87 km. Da cidade de Ipu até a cidade de Ipueiras percorre-se 24,0 km pela rodovia estadual CE-187 (trecho coincidente com a rodovia federal BR-403).

Um segundo acesso a obra seria pegando a BR-020 até a cidade de Canindé, percorrendo 120,2 km. Em Canindé, pega-se a rodovia estadual CE-257, até o entroncamento da CE-257 com a CE-187, passando pelo distrito de Salitre e cidades de Santa Quitéria e Hidrolândia, percorrendo uma distância total de 174 km. No entroncamento CE-257 com a CE-187, percorrendo 7 km para a direita chega-se a Ipu, ou percorrendo 17 km para a esquerda chega-se a Ipueiras.

Para chegar ao eixo selecionado (Eixo IV-A), parte-se da cidade de Ipueiras por uma estrada vicinal carroçável a qual dá acesso a Ararendá. O eixo em estudo fica a 5,0 km da sede do município de Ipueiras, na Fazenda Cupira.

Na Figura N°2.1 a seguir é apresentado o mapa de localização e acesso.





**FONTE:**

Folha  
IPU  
SB.24-V-A-III,  
Ipuéiras  
SB.24-V-A-VI  
SUDENE, 1971

**LEGENDA:**

— EIXO - Fazenda Cupira

FONTE:  
DERT, 1998 (Mapa Rodoviário do Ceará).



KL ENGENHARIA

MAIBE

enerconsult s.a.



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH  
PROGRAMA DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS  
DO ESTADO DO CEARÁ – PROGERIRH

**RELATÓRIO GERAL**

BARRAGEM JATOBÁ  
MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO DO EIXO BARRÁVEL

FIGURA Nº 2.1

DESENHO:  
LISBOA  
DATA DE EDIÇÃO:  
MARÇO/2006  
ESCALA:  
1/100.000



## 6.5 – SUMÁRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS

<b>CARACTERIZAÇÃO DA BACIA</b>	
Área da bacia do Açude Jatobá	41,38 km <sup>2</sup>
Perímetro da bacia do Açude Jatobá	27,04 km
Declividade Média da bacia do Açude Jatobá	63,65 m/km
Comprimento do rio principal	9,60 km
Fator de compacidade	1,19
Fator de forma	0,45
Tempo de concentração	1,10 hrs

<b>HIDROCLIMATOLOGIA</b>	
Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	826,1 mm
Evaporação Média Anual	2904,4 mm
Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	2063,9 mm
Insolação Média Anual	2613,2 h
Umidade Relativa Média Anual	60,2 %
Temperatura Média Anual: Média das Máximas	32,5 °C
Temperatura Média Anual: Média das Médias	25,8 °C
Temperatura Média Anual: Média das Mínimas	21,0 °C
Classificação Climática	DS2A'a'
Classificação climática segundo Köppen	BWx'

<b>ESTUDO DE CHEIAS</b>	
Precipitação Efetiva	SCS
Propagação do Escoamento na Bacia	Hidrograma Unitário do SCS
CN	86,02
Vazão afluente – Tempo de retorno = 1.000 anos	776 m <sup>3</sup> /s
Vazão afluente – Tempo de retorno = 10.000 anos	936 m <sup>3</sup> /s

<b>CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO</b>	
Capacidade máxima	6 hm <sup>3</sup>
Cota da soleira do sangradouro	266,00 m
Cota de coroamento	269,80 m



### **3 – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS**

Os estudos cartográficos consistiram no levantamento aerofotogramétrico na área do reservatório da Barragem Jatobá, enquadrada geograficamente nas coordenadas 4°31' – 4°41' S e 40°41' – 40°49' WGR.

Os serviços cartográficos realizados foram os seguintes:

- Cobertura aerofotogramétrica de uma área de 88,87 km<sup>2</sup>, na escala de 1:15.000;
- Apoio fotogramétrico de 88,87 km<sup>2</sup> voado com levantamento de 12 HV's;
- Aerotriangulação de 23 modelos, 88,87 km<sup>2</sup>;
- Restituição estereofotogramétrica digital de uma área de 6,99 km<sup>2</sup> na escala de 1:5.000;
- Confecção e edição final de 02 plantas topográficas na escala de 1:5.000, perfazendo um total de 6,99 km<sup>2</sup> de edição cartográfica.





## **4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS**

Os estudos topográficos da Barragem Jatobá constituíram na execução dos seguintes serviços, a saber:

- Levantamento do Eixo Barrável e do Sangradouro;
- Levantamento do Canal de Restituição;
- Coordenadas e Cotas.

### **4.1 – LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E DO SANGRADOURO**

O eixo da barragem Jatobá foi locado em um boqueirão com características topográficas favoráveis, onde o sangradouro foi definido e estudado no mesmo alinhamento do eixo da barragem na ombreira direita na estaca 53.

Os levantamentos topográficos do eixo barrável e do sangradouro, foram executados através de locação de estação total, pelo método de coordenadas com identificação dos eixos: Este, Norte, elevação e descrição dos pontos identificados. Os serviços realizados foram: locação; implantação de marcos para futura relocação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

#### **4.1.1 – Locação dos eixos e Implantação de Marcos**

Utilizando-se GPS manual GARMIN 12 e a Estação Total, locou-se o eixo da barragem e do sangradouro, o qual foi materializado a cada 20 metros por pontos estaqueados e numerados, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis tais como: talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno entre outros.

#### **4.1.2 – Nivelamento**

O levantamento altimétrico da Barragem Jatobá e o seu respectivo sangradouro, foi realizado utilizando-se GPS e Estação Total, onde foram niveladas todas as estacas do eixo materializado.

#### **4.1.3 – Levantamento de Seções Transversais**

Foram levantadas seções transversais ao eixo da barragem e do sangradouro a cada 20 metros abrangendo uma faixa de domínio com largura de 150 metros à montante e à jusante, e se constituíram de pontos cotados a cada 10 metros, considerando também os pontos de destaque do relevo topográfico.

Numa fase posterior, para um melhor desenvolvimento dos estudos, a faixa de domínio foi expandida à montante e a jusante, para cerca de 400 e 300 metros, respectivamente.

#### 4.2 – LEVANTAMENTO DO CANAL DE RESTITUIÇÃO

Assim como o eixo barrável e o sangradouro, o canal de restituição da Barragem Jatobá, foi levantado plani-altimetricamente através de Estação Total, pelo método de coordenadas com identificação dos eixos: Este, Norte, elevação e descrição dos pontos identificados. Os serviços topográficos executados no canal de restituição, foram os seguintes: locação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

#### 4.3 – COORDENADAS E COTAS

Em relação às coordenadas utilizadas para o levantamento, estas foram fornecidas pela TOPOCART, empresa responsável pelos serviços cartográficos.

Também foram utilizadas cotas fornecidas pela TOPOCART, empresa responsável pelos serviços cartográficos.

## **5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS**

## 5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

As investigações executadas para caracterização geológico-geotécnica da região das obras, foram divididas em duas fases, a saber: estudos geológicos de superfície e investigações geotécnicas de subsuperfície.

Os estudos geológicos de superfície constaram do mapeamento geológico do sítio barrável, área do sangradouro e estudos de reconhecimento superficial dos materiais a serem utilizados na construção da barragem e estruturas adjacentes.

As sondagens de subsuperfície efetuadas ao longo do sítio barrável, área do sangradouro e jazidas de materiais terrosos e arenosos consistiram na Abertura de Poços de Inspeção a Pá e Picareta (SPP), Sondagens a Percussão (SP), Sondagens Mistas (SM) e Sondagens Rotativas (SR) com ensaios “in situ” do tipo Perda d’água Específica e Permeabilidade com carga constante (LE FRANC).

É interessante ressaltar que, quando da execução das investigações geotécnicas, houve extração de amostras deformadas de solo do eixo barrável e das jazidas, de modo a se proceder às análises de laboratório indispensáveis à caracterização dos materiais existentes na região.

Todos os procedimentos utilizados seguiram as normas preconizadas pela ABNT.

### 5.1 – INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS

A seguir serão apresentados os resultados do estudo geológico realizado.

#### 5.1.1 – Geologia Regional

A descrição da Geologia Regional é apresentada neste relatório com base em pesquisa bibliográfica de trabalhos de geologia realizados na região, tendo como fonte o Mapa Geológico do Estado do Ceará, em escala 1:500.000, elaborado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

No âmbito regional tem-se o contraste de dois tipos distintos de litologia que evidenciam rochas sedimentares e rochas cristalinas, constituindo as unidades litoestratigráficas que foram mapeadas e descritas, conforme a fonte supracitada, da seguinte forma:

**Unidade sem denominação (PX):** pertencente ao pré-cambriano não diferenciado, inclui gnaisses e migmatitos diversos (paleossomas predominantes: biotita-gnaisses, biotita-hornblenda-gnaisses e muscovita-biotita-gnaisses de

composição oscilando entre granítica e diorito-tonalítica), encerrando jazimentos, subordinados, de metacalcários, quartzitos, rochas calcissilicáticas (tactitos), anfibolitos, metabasitos e metaultrabasitos, além de rochas gabro-dioríticas (noritos, hornblenda-gabros e piroxênio-dioritos, enderbitos e secundariamente piroxenitos, coexistindo em contatos gradacionais e, por vezes, arranjados em tramas híbridas onde pode ocorrer fácies quartzo-monzoníticas, leucograníticas e granodioríticas). Ao redor de Ipueiras há uma grande área onde predominam rochas graníticas (granitóides), muitas vezes formando núcleos mais homogêneos nas rochas migmatizadas. A sudeste de Ipueiras ocorre migmatitos porfiroblásticos (PXy).

**Complexo Tamboril - Santa Quitéria (PXtsq):** pertencente ao Pré-Cambriano não diferenciado, essa unidade é formada por migmatitos diversos, exibindo estruturas flebítica, estromática, oftálmica, schilieren, nebulítica e homofânica; envolvem granitóides geralmente porfiroblásticos. Nas partes centrais predominam os tipos mais homogêneos e de maior mobilidade. Os paleossomas estão geralmente constituídos por rochas da unidade sem denominação PI(B) do Proterozóico inferior, com migmatitos gnaisses diversos.

**Granitóides Serra da Mata:** a sudeste de Ipueiras, abrangendo uma área entre Nova Russas e Sucesso, ocorrem essas rochas, pertencentes ao Proterozóico Superior, que constituem granitóides a biotita e/ou hornblenda, com alguma muscovita, de composições granítica a granodiorítica, de grã média a grosseira, porfiroblásticos ou não.

**Magmatitos Guaribas, Araqueri (PPα):** de idade cambriana, do Paleozóico, essas rochas ocorrem a sudeste de Ipueiras, em forma de diques de riolitos, biotita-andesitos, dioritos, pórfiros, dacitos, riódacitos, traquitos e microgranitos.

**Formação Serra Grande (SDsg):** do Paleozóico, Siluro-Devoniana, a Formação Serra Grande é constituída de arenitos brancos, grosseiros e conglomeráticos na base, contendo leitos de até 20m, com seixos de até 20cm de diâmetro, com predomínio de arenitos finos no topo. Apresenta estratificação cruzada irregular e fraturas silicificadas. O seu contato inferior faz-se em nítida discordância angular com as rochas cristalinas. A Oeste das cidades de Ipu e Ipueiras forma uma extensa escarpa, com cerca de 700m de altura, constituída inteiramente de arenitos e arenitos conglomeráticos, cujas camadas mergulham suavemente para Oeste, formando uma cuesta cujo frente é a escarpa da Serra Grande. Em certas regiões, aparecem intercalações de siltitos e folhelhos arroxeados, principalmente no topo da formação.

**Coberturas Sedimentares de Espraimento Aluvial (TQc):** essas coberturas, de idade Terciária, são sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos, de tons

alaranjados, avermelhados e amarelados, localmente cascalhosos e laterizados na base. Na porção a Sudoeste de Ipueiras, próximo de Livramento há ocorrências desses materiais.

**Aluviões: de idade Quaternária (QHa):** os sedimentos aluviais são constituídos de areias finas a grosseiras incluindo cascalhos inconsolidados e argilas com matéria orgânica em decomposição. Ocorrem principalmente nos leitos e margens dos principais rios e riachos da região, destacando-se o Riacho Jatobá.

Do ponto de vista estrutural, destaca-se na área a Falha de Tauá, de movimento transcorrente, que tem direção aproximadamente noroeste-sudeste a norte-sul, prolongando-se por mais de 200Km, nas proximidades da parte basal da Serra Grande, sendo marcada por uma retilinearidade, incomum. Paralela a ela tem-se também outro importante lineamento, que é a Falha de São Pedro, também de movimento transcorrente. Esses dois falhamentos condicionam as lineações estruturais das rochas, que em alguns locais apresentam extensos dobramentos, e são responsáveis por uma extensa zona cataclástica, caracterizando o aumento de porfiroblastos de feldspato alcalino decimétricos, nas proximidades do plano de falha.

O padrão de drenagem dominante é dendrítico, com tendência a subdendrítico. Esse padrão está condicionado ao domínio das rochas cristalinas. De uma maneira geral os rios são pouco encaixados, formando setores de planícies fluviais muito restritas. No âmbito das rochas sedimentares da Formação Serra Grande, no Planalto da Ibiapaba esse padrão tem comportamento diferenciado, apresentando uma drenagem com padrão subparalelo.

### **5.1.2 – Geologia Local**

A área em estudo está inserida geologicamente no domínio das rochas cristalinas, em que a litologia predominante é marcada pela presença de rochas metamórficas gnáissicas e migmatíticas.

Os gnaisses têm na sua composição mineralógica a predominância de biotita, quartzo e feldspato, exibindo tonalidades cinza-claro a cinza médio e cinza-escuro. A estrutura normalmente mostra uma intercalação de bandas escuras, enriquecidas em máficos, com bandas claras, quartzo-feldspáticas. A granulação é principalmente equigranular média, podendo variar para equigranular fina. Os gnaisses situados próximos às zonas de falhas exibem comumente porfiroblastos estirados de feldspatos, caracterizando os gnaisses facoidais. Ocorrem ainda granada-biotita-gnaisses, que são semelhantes à biotita gnaisses, destacando-se, neste caso, a presença de porfiroblastos de granada rósea, maior percentagem de máficos e, conseqüentemente, tonalidades mais escuras.

Há também a presença dos migmatitos, podendo ser homogêneos e heterogêneos. Os migmatitos homogêneos caracterizam-se pela presença de estruturas do tipo nebulítica, anatexítica e schlieren, com volume dominante de neossoma sobre o paleossoma. É possível, em alguns casos observar-se a passagem para rochas graníticas para migmatitos heterogêneos em questão de poucos metros. Em afloramentos essas rochas revelam a dominância das tonalidades rósea e cinza-claro, com granulação variando de inequigranular média a grossa, às vezes tendendo a porfiroblástica. A textura mostra-se com algumas lineações. Os migmatitos heterogêneos, com estruturas planares visíveis, também foram identificados na área e, da mesma forma que os migmatitos homogêneos, estes não ocupam áreas com limites definidos, havendo uma passagem gradacional para migmatitos homogêneos ou gnaisses, ao longo de um mesmo afloramento.

Nas ombreiras, as coberturas de solo sobre essas rochas formam um manto de intemperismo que raramente ultrapassa a profundidade de 1,50m, constituído por duas camadas distintas: a camada mais superficial é de solo mais maduro de granulometria areno-argilosa, coloração avermelhada ou amarelada, que não conserva nenhuma aparência da rocha original e possui características de excelentes qualidades para construção de barragens de terra homogênea; a camada mais profunda, adjacente ao topo da rocha, em média com 0,50m de espessura é um solo residual jovem ou saprolito, composto essencialmente de quartzo, mica e feldspato, classificado como silte arenoso micáceo.

Na ombreira esquerda, entre as estacas 13 e 19, próximo à estrada carroçável que dá acesso ao sítio, onde esta corta de forma esconsa o eixo barrável, foram evidenciados blocos soltos de arenito grosseiro, de coloração cinza escuro por fora e quando quebrados apresentam uma coloração vermelha ferruginosa no interior. Esta ocorrência é caracterizada pela proximidade da Formação Serra Grande, constituída em grande parte por rochas sedimentares, entre as quais está o arenito, com características semelhantes à ocorrência.

Nas margens do riacho Jatobá ocorrem os sedimentos aluvionares que formam terraços formados pela deposição de areias finas, siltes e argilas de coloração escura, com matéria orgânica em decomposição. Na calha do riacho são encontrados areias de granulometria fina e média a grossa com pedregulhos e minerais micáceos provenientes da decomposição das rochas do embasamento cristalino. Na área destinada ao sangradouro, não foram encontrados afloramentos rochosos. O solo é representado por um silte areno-argiloso de coloração cinza claro a escuro, recoberto com seixos rolados de migmatitos e quartzo.



## 5.2 – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

A seguir serão apresentados os resultados da investigação geotécnica realizada.

### 5.2.1 – Descrição das Sondagens Executadas

A investigação geotécnica iniciou-se com a execução de quatro tipos de sondagens, a saber:

- SPP: Sondagem a Pá e Picareta;
- SP: Sondagem a Percussão;
- SM: Sondagem Mista (iniciada a percussão e seguida em rotativa).

Todas as sondagens mencionadas acima seguiram as normas da ABNT.

A locação, bem como as cotas topográficas das bocas de furos foram fornecidas a partir dos estudos topográficos de campo.

### 5.2.2 – Sondagens a Pá e Picareta

Os poços de inspeção localizados no eixo barrável foram realizados nos pontos onde haviam sido projetados furos de percussão e a ocorrência de rocha aflorando não permitiu a execução deste tipo de sondagem.

Todos os poços foram perfurados por meio de escavação manual com dimensões de 1,00m longitudinalmente por 1,00m transversalmente.

No **Quadro N°5.1** são mostrados os dados gerais das sondagens.

QUADRO N°5.1 – SONDAAGEM A PÁ E PICARETA				
SONDAAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SPP-01	22+00m	AFLORAMENTO	1,0m x 1,0 m	Vertical
SPP-02	25+00m	AFLORAMENTO	1,0m x 1,0 m	Vertical

### 5.2.3 – Sondagens a Percussão

O objetivo básico destas sondagens foi o de definir a espessura dos depósitos aluvionais sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do “SPT”(STANDARD PENETRATION TEST), realizado a cada metro sondado.

O critério de paralisação das sondagens foi o de lavagem por tempo (menos de 5cm de penetração para 10 minutos de lavagem), ou a profundidade de projeto, no

caso dos furos de percussão simples. Todas as sondagens foram realizadas com diâmetro de 2 ½” (duas e meia polegadas).

No **Quadro N°5.2** mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO N°5.2 – SONDAAGEM A PERCUSSÃO				
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SP-01	20+00m	2,24	2 x ½”	Vertical
SP-04	28+00m	5,89	2 x ½”	Vertical
SP-05	31+00m	3,14	2 x ½”	Vertical
SP-06	34+00m	5,21	2 x ½”	Vertical
SP-07	37+00m (MONT 35,00m)	4,38	2 x ½”	Vertical
SP-08	37+00m (JUS 35,00m)	9,08	2 x ½”	Vertical
SP-09	41+12m (MONT 38,00m)	1,09	2 x ½”	Vertical
SP-10	41+12m (JUS 38,00m)	7,38	2 x ½”	Vertical
SP-11	45+00m (MONT 40,00m)	1,12	2 x ½”	Vertical
SP-12	45+00m (JUS 40,00m)	7,12	2 x ½”	Vertical

#### 5.2.4 – Sondagens Mistas

Sondagem mista é aquela executada por sondagem a percussão em todo os tipos de terreno penetráveis por esse processo, e executadas por meio de sondagem rotativa nos materiais impenetráveis a percussão.

Iniciou-se os furos com sondagem percussiva no diâmetro de 2½ “(duas e meia polegadas), no qual foi definida a espessura de solos sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do “SPT”. Prosseguiu-se com sonda rotativa, na qual usava-se a sonda MACH 920 de avanço manual, acoplada a um calibrador e a um barrilete duplo caixa de mola, tipo NX para recuperação do testemunho, do qual obteve-se informações da alteração, fraturamento e estanqueidade da rocha.

No Quadro 5.3 mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO N°5.3 – SONDAAGEM MISTA					
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM-01	37 + 00	9,16	7,00	2 ½” e NX	Vertical
SM-02	40 + 00	10,10	8,50	2 ½” e NX	Vertical
SM-03	41 + 12,64	10,19	11,00	2 ½” e NX	Vertical

QUADRO Nº5.3 – SONDAGEM MISTA					
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM-04	43 + 00	7,09	8,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-05	45 + 00	5,28	10,64	2 ½" e NX	Vertical
SM-06	53 + 00	1,58	6,60	2 ½" e NX	Vertical
SM-07	55 + 00	1,90	9,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-08	57 + 00	0,00	7,50	2 ½" e NX	Vertical
SM-09	57+00m (JUS 500m)	0,00	9,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-10	53+00 (JUS 100m)	1,89	10,00	2 ½" e NX	Vertical

### 5.3 – ENSAIOS IN SITU

#### 5.3.1 – Ensaio de Permeabilidade com Carga Constante

Nos ensaios de Permeabilidade “in situ” com carga constante, mantém-se constante a vazão até que as condições de fluxo se estabilizem e a carga (altura da água no furo), se torne constante. Nestas condições, medem-se a vazão e a carga, para aplicação das fórmulas apropriadas.

Este tipo de ensaio pode ser usado para solos que se situem abaixo ou acima do nível estático da água (NA).

Foram executados 35 (trinta e cinco) ensaios.

Os dados gerais destes ensaios encontram-se no Quadro Nº5.4.

QUADRO Nº5.4 – ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE		
SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM-01	09 (nove)	0,00 a 9,00
SM-02	05 (cinco)	0,00 a 5,00
SM-03	09 (nove)	1,00 a 10,00
SM-04	07 (sete)	0,00 a 7,00
SM-05	05 (cinco)	0,00 a 5,00

#### 5.3.2 – Ensaio de Perda D'Água Específica

Ensaio de perda d'água sob pressão em furos de sondagem têm por objetivo a determinação da permeabilidade e do comportamento dos maciços rochosos frente à percolação da água através de suas fissuras.

Consiste na injeção de água sob pressão em um trecho do furo de sondagem e na medida da quantidade de água que se infiltra no maciço, durante um certo tempo, sob uma dada pressão de injeção. O ensaio é realizado em 5 (cinco) estágios de pressão, sendo o 1º e o 5º estágios sob uma pressão mínima; os 2º e 4º estágios sob uma pressão intermediária; e o 3º estágio sob uma pressão máxima, conforme a seguir:

- 1º e 5º estágios - pressão de 0,10 Kg/cm<sup>2</sup>;
- 2º e 4º estágios - pressão intermediária =  $P_{m\acute{a}x}/2$ ;
- 3º estágio - pressão máxima =  $P_{m\acute{a}x}$ .

Os trechos ensaiados, sempre que possível foram de 3,00 m.

O **Quadro Nº5.5** mostra os dados técnicos gerais dos ensaios de perda d'água sob pressão.

QUADRO Nº5.5 – ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA		
SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM-01	02 (dois)	9,76m - 12,76m 13,76m - 16,76m
SM-02	02 (dois)	12,00m - 15,00 m 15,00m - 18,00 m
SM-03	03 (três)	10,00m - 13,00 m 13,00m - 16,00 m 16,00m - 19,00 m
SM-04	01 (um)	8,00m – 11,00 m
SM-05	-	-

#### 5.4 – PESQUISA DE JAZIDAS

Os trabalhos referentes à pesquisa de materiais a serem utilizados nas obras tiveram seu início a partir de um reconhecimento em campo, de modo a localizar e conferir os empréstimos existentes na área. Deve-se salientar que os estudos básicos existentes nortearam os trabalhos. Neste momento, levou-se em considerações duas variáveis importantes: qualidade e volume dos materiais detectados.

Assim sendo, pode-se identificar e estudar os seguintes empréstimos:

- J1: JAZIDA 1;

- J2: JAZIDA 2;
- J3: JAZIDA3;
- J4: JAZIDA 4;
- J5: JAZIDA 5;
- A1: AREAL;

P1: PEDREIRA 1.

#### **5.4.1 – Jazidas de Solo (Empréstimos 1, 2, 3, 4 e 5)**

Para que houvesse uma boa abrangência nos estudos dos empréstimos, lançou-se uma malha quadrática com 100,00 m de lado, onde procedeu-se à abertura de poços a pá e picareta para coleta de materiais e posterior realização de ensaios de laboratório.

Dentro de um afastamento econômico adequado do local da obra em estudo, foram identificados e caracterizados os materiais das áreas de empréstimo.

Em cada poço de inspeção foi feita uma descrição dos materiais, identificando suas características e quantificando suas potencialidades e distância média de transporte, conforme já comentado.

- Granulometria (com e sem sedimentação);
- Limites de “Atterberg”;
- Ensaios de Compactação (Proctor Normal);
- Umidade Natural;
- Peso Específico Real;
- Permeabilidade com carga variável;
- Cisalhamento direto lento.

A seguir resume-se as características das áreas potencialmente exploráveis:

### **DADOS GERAIS DA JAZIDA J-1.**

Área total estudada.....	65.625,00m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	12 und.
Profundidade média dos furos .....	1,98 m
Volume total de material .....	129.938,00 m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo.....	0,06 m
Espessura média útil.....	1,92 m
Volume de material utilizável .....	126.000,00 m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	1,32 km

### **DADOS GERAIS DA JAZIDA J-2.**

Área total estudada.....	137.500,00 m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	24 und.
Profundidade média dos furos .....	2,25 m
Volume total de material .....	309.375,00 m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo.....	0,05 m
Espessura média útil.....	2,20 m
Volume de material utilizável .....	302.500,00 m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	1,60 km

### **DADOS GERAIS DA JAZIDA J-3.**

Área total estudada.....	111.250,00 m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	19 und.
Profundidade média dos furos .....	2,07 m
Volume total de material .....	230.288,00 m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo.....	0,07 m

Espessura média útil.....	2,00 m
Volume de material utilizável .....	222.500,00 m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	0,45 km

**DADOS GERAIS DA JAZIDA J-4.**

Área total estudada.....	60.000,00 m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	12 und.
Profundidade média dos furos .....	2,25 m
Volume total de material .....	153.000,00 m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo.....	0,05 m
Espessura média útil.....	2,50 m
Volume de material utilizável .....	150.000,00 m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	2,72 km

**DADOS GERAIS DA JAZIDA J-5.**

Área total estudada.....	120.000,00 m <sup>2</sup>
Número de furos realizados .....	21 und.
Profundidade média dos furos .....	1,85 m
Volume total de material .....	222.000,00 m <sup>3</sup>
Camada média de expurgo.....	0,05 m
Espessura média útil.....	1,80 m
Volume de material utilizável .....	216.000,00 m <sup>3</sup>
Distância do eixo barrável.....	2,50 km

#### 5.4.2 – Jazidas de Areia (Areal 1)

Da mesma forma com o ocorrido na jazida terrosa, o areal foi identificado e posteriormente estudado, onde se lançou uma malha de sondagens, ao longo do depósito.

Amostras deste material também foram colhidas e encaminhadas ao laboratório para ensaios.

A jazida em questão encontra-se ao longo do leito do rio.

#### DADOS GERAIS DO AREIAL

Distância do areial ao eixo .....	0,6 km;
Extensão .....	3.000,00 m
Largura.....	10,00m
Altura a explorar .....	1,00m
Volume explorável .....	30.000,00m <sup>3</sup> .

#### 5.4.3 – Pedreira

A pedreira encontrada localiza-se a jusante do eixo barrável.

#### CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PEDREIRA

Extensão .....	100,0m;
Largura .....	100,0m;
Altura a explorar .....	6,00m;
Volume explorável .....	60.000,00m <sup>3</sup> ;
Distância para o eixo .....	2,60km;
Classificação .....	Gnaisse.

#### 5.5 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Todos os ensaios de laboratório seguiram o preconizado pelas normas técnicas da ABNT.



De modo a facilitar a visualização, elaborou-se quadros resumos referente a cada ensaio, os quais são apresentados a seguir.

- Jazida de Solos:

Foram coletadas 30 (trinta) amostras para que fossem submetidas a ensaios normais de caracterização, constando de determinação dos Limites de Atterberg (LL e LP), Granulometria por peneiramento e com sedimentação, peso específico, Compactação Proctor Normal, Permeabilidade com carga variável e Cisalhamento Direto Lento.

Os ensaios de Granulometria com Sedimentação, peso específico, Permeabilidade com Carga Variável e Cisalhamento Direto Lento não foram executados para todas as amostras coletadas.

- Jazida de Areia:

Foram 10 (dez) as amostras coletadas na jazida de areia A.1 e submetidas a Análise Granulométrica por Peneiramento e Permeabilidade com Carga Constante.

- Pedreira

Nas pedreiras P.1 foram realizados 03 (três) ensaios tipo “Los Angeles”.

## 5.6 – ESTUDO COMPLEMENTAR

Realizou-se um estudo complementar com o intuito de analisar mais detalhadamente a geologia das regiões da barragem e do sangradouro através de sondagens mistas.

O Quadro – Sondagem Mista a seguir mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas no estudo complementar.

### QUADRO - SONDAGEM MISTA

SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO DAS ESTACAS	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM – 106	E-5S – 100m JUS	0,00	10,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 107	38 + 0,00	5,05	9,00	2 1/2” e NX	Vertical
SM – 108	35 + 0,00	4,89	12,12	2 1/2” e NX	Vertical



## 6 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos consistiram na caracterização física da bacia hidrográfica, no estudo de cheias, nas curvas de regularização do reservatório e no dimensionamento do sangradouro.

### 6.1 – CARACTERÍSTICA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica da Barragem Jatobá possui as seguintes características físicas:

- Bacia Hidrográfica..... 41,38km<sup>2</sup>;
- Perímetro da Bacia Hidrográfica..... 27,04km;
- Declividade Média da Bacia Hidrográfica..... 63,65m/km;
- Comprimento do Rio Principal..... 9,6km;
- Fator de Compacidade..... 1,19;
- Fator de Forma..... 0,45;
- Tempo de Concentração..... 1,10h.

### 6.2 – ESTUDO DE CHEIAS

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do sangradouro pode ser realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) e com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados a um risco previamente escolhido. Diante da escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

O estudo da cheia de projeto é de fundamental importância para a segurança e economia da barragem, podendo o hidrograma de projeto estar baseado em:

- PMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas;
- Cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário;
- Precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência.

Em barragens pequenas, onde grandes riscos não estão envolvidos, pode-se utilizar o hidrograma de projeto baseado no último caso. Foram calculadas aqui as

cheias de projeto de 1000 e 10000 anos. O intervalo de computação dos hidrogramas de cheia foi de 1 minuto.

### **6.2.1 – Precipitação**

Para cálculo do escoamento superficial para a bacia do Jatobá, foi considerada precipitação uniformemente distribuída sobre a referida bacia. O HEC-1 permite a entrada de tormentas históricas ou sintéticas, sendo as últimas freqüentemente utilizadas para planejamento e estudos de projetos.

### **6.2.2 – Precipitação Efetiva**

O modelo HEC-1 refere-se a interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não contribui para gerar escoamento é considerada perda, sendo o restante, considerado precipitação efetiva.

## **6.3 – CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO**

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados. Em termos hidrológicos, os objetivos centrais deste capítulo são:

1. Análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a Barragem Jatobá;
2. Estimativa das perdas por evaporação e sangria da Barragem Jatobá.

## **6.4 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO**

Uma vez realizado o dimensionamento do reservatório com base nos estudos hidrológicos do capítulo anterior, faz-se necessário agora o dimensionamento do sangradouro visando definição de sua largura, seu tipo e a cota de coroamento da barragem associada à alternativa adotada.

No dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1.000 anos, realizando-se para esta os estudos de laminação, e será determinada a cota de coroamento da barragem com base na cheia associada a 10.000 anos, para garantir o não galgamento nesta cheia.

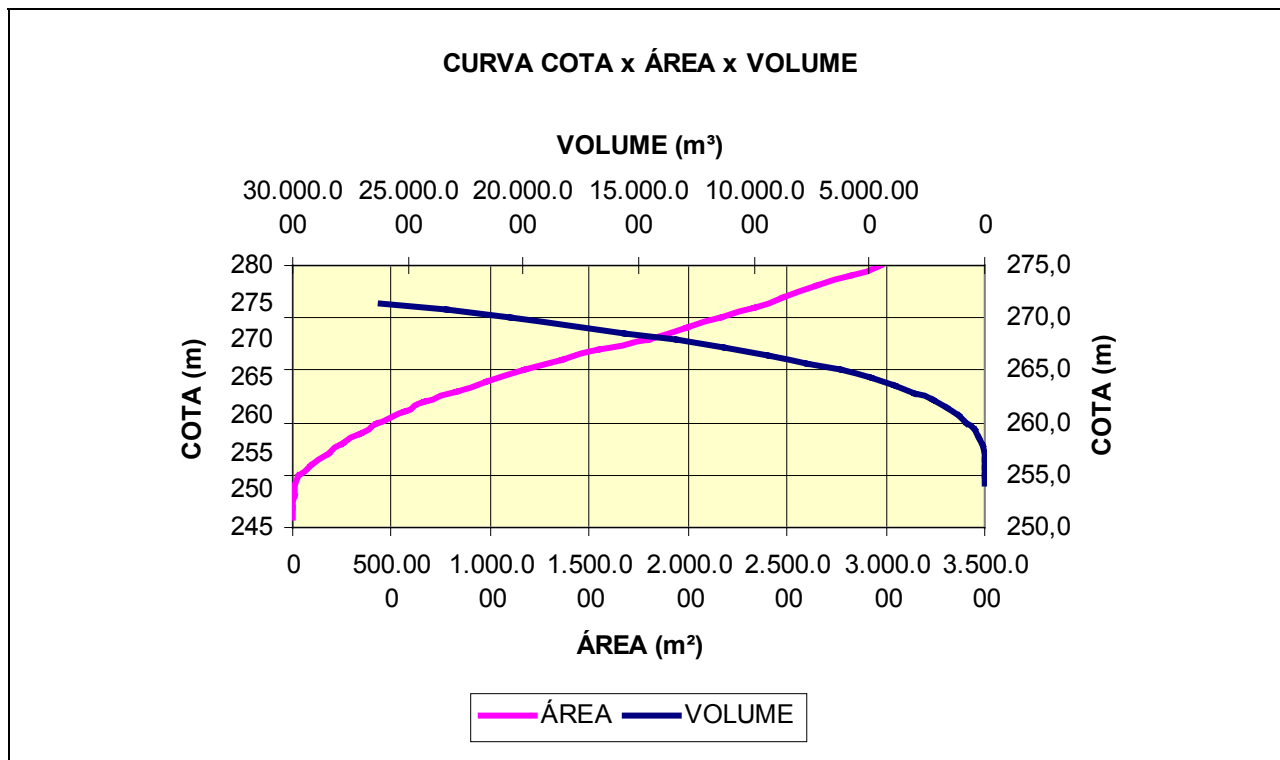
## 6.5 – SUMÁRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS

<b>CARACTERIZAÇÃO DA BACIA</b>	
Área da bacia do Açude Jatobá	41,38 km <sup>2</sup>
Perímetro da bacia do Açude Jatobá	27,04 km
Declividade Média da bacia do Açude Jatobá	63,65 m/km
Comprimento do rio principal	9,60 km
Fator de compacidade	1,19
Fator de forma	0,45
Tempo de concentração	1,10 hrs

<b>HIDROCLIMATOLOGIA</b>	
Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	826,1 mm
Evaporação Média Anual	2904,4 mm
Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	2063,9 mm
Insolação Média Anual	2613,2 h
Umidade Relativa Média Anual	60,2 %
Temperatura Média Anual: Média das Máximas	32,5 °C
Temperatura Média Anual: Média das Médias	25,8 °C
Temperatura Média Anual: Média das Mínimas	21,0 °C
Classificação Climática	DS2A'a'
Classificação climática segundo Köppen	BWx'

<b>ESTUDO DE CHEIAS</b>	
Precipitação Efetiva	SCS
Propagação do Escoamento na Bacia	Hidrograma Unitário do SCS
CN	86,02
Vazão afluente – Tempo de retorno = 1.000 anos	776 m <sup>3</sup> /s
Vazão afluente – Tempo de retorno = 10.000 anos	936 m <sup>3</sup> /s

<b>CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO</b>	
Capacidade máxima	6 hm <sup>3</sup>
Cota da soleira do sangradouro	266,00 m
Cota de coroamento	269,80 m



CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO			
RESOLUÇÃO DIRETA DA EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO – COTA 266 m			
EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO			
RG - %	SG - %	EV - %	Qr 90% (m3/s)
0,830 – 19,1%	2,177 – 50,2%	1,328 – 30,6%	0,028

DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO - PERFIL CREAGER: ZW = 266 m			
COTA (m)	COTA DE PICO (m)	LÂMINA (m)	QOUT (m3/s)
<b>Tr = 1.000 anos - Qin = 776 m³/s</b>			
<b>Perfil Creager: L = 30,0 m</b>			
266,00	268,40	2,40	238,0
<b>Tr = 10.000 anos - Qin = 936 m³/s</b>			
<b>Perfil Creager: L = 30,0 m</b>			
266,00	268,80	2,80	303,0

PROBABILIDADES DE ENCHIMENTO E ESVAZIAMENTO	
RETIRADA ANUAL (HM³)	PROBABILIDADES
0,8	Enchimento = 37% Esvaziamento = 10% Garantia = 90%

<b>ASSOREAMENTO</b>			
<b>VOLUME INICIAL</b>	<b>PERÍODO SIMULADO</b>	<b>VOLUME FINAL</b>	<b>REDUÇÃO</b>
6,00 hm <sup>3</sup>	100 anos	4,44 hm <sup>3</sup>	26%